

УДК 543.542

ОБ ОПЫТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕКТРОМЕТРА РЕНТГЕНОВСКОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО СРМ-25 НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ

В.В.Мандрыгин, Н.Н.Гаврилюков, Л.И.Орлова, Н.Н.Зуева, А.А.Жердев, Д.Р.Бутаков
ОАО "Западно-Сибирский металлургический комбинат"
654043, Новокузнецк Кемеровской области
rsiczl@zsmk.ru

Поступила в редакцию 12 августа 2002 г.

Описан многолетний опыт эксплуатации СРМ-25. Рассмотрен ряд проблем, возникающих при использовании прибора этого типа для анализа материалов металлургического производства, и пути их решения.

Мандрыгин Владимир Васильевич – начальник рентгеноспектральной лаборатории ЦЗЛ ОАО ЗСМК.

Автор статей 14 статей.

Гаврилюков Николай Николаевич – ведущий инженер рентгеноспектральной лаборатории ЦЗЛ ОАО ЗСМК, аспирант СибГИУ.

Автор 5 статей.

Орлова Людмила Изосимовна – начальник группы методистов РСЛ ЦЗЛ ОАО ЗСМК

Автор 12 статей.

Зуева Наталья Николаевна – инженер-методист рентгеноспектральной лаборатории ЦЗЛ ОАО ЗСМК.

Жердев Александр Александрович – начальник группы технического обслуживания рентгеноспектральной лаборатории ЦЗЛ ОАО ЗСМК.

Бутаков Дмитрий Рифхатович – инженер-электронщик I-категории ЦЗЛ ОАО ЗСМК.

Многоканальные рентгеновские спектрометры СРМ-25 эксплуатируются в ЦЗЛ ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» с 1987 года. За это время было запущено в эксплуатацию 6 приборов. Приборы работают в экспресс-лабораториях, обслуживающих доменный, кислородно-конвертерный и конвертерный цеха. В данной работе представлена оценка аналитических параметров и эксплуатационных характеристик СРМ-25.

Оценка аналитических параметров

В настоящее время рентгеновские спектрометры СРМ-25 используются для анализа порошковых материалов металлургического производства (шлаков, шосов, ферросплавов и т.д.), что составляет 20 % всего объема определений, выполняемых химлабораторией при контроле технологии производства стали и чугуна.

В табл. 1 представлены аналитические программы для рентгеновских спектрометров СРМ-25, используемые на Западно-Сибирском металлургическом комбинате (ЗСМК). Разработанные методики рентгеноспектрального анализа вышеуказанных материалов аттестованы и применяются при постоянном аналитическом контроле.

Таблица 1

Аналитические программы для рентгеновского спектрометра в условиях ОАО ЗСМК

Определяемый компонент	Анализируемые материалы, %		
	Шлаки		ШОС
	доменный	конвертерный	
F	-	-	2-8
Na ₂ O	0,5-1,0	-	1-5
MgO	9-18	1,3-20	0,5 - 6
Al ₂ O ₃	10-18	1,0-2,5	2-20
SiO ₂	25-50	8,0-32,0	15-40
S _{общ}	0,2-1,0	0,05-0,5	-
P ₂ O ₅	-	0,5-5,0	-
K ₂ O	0,5-2,0	-	0,5-5
CaO	30-50	20-65	20-40
TiO ₂	0,5-4,0	0,2-2,5	-
V ₂ O ₅	0,07-0,15	0,2-2,0	-
MnO	0,1-2,0	2,5-10,0	-
FeO	0,1-10	10,0-55,0	1,0-2,0
Ферросплавы			
	FeSi	SiMn	FeMn
Al	0,5-5,0		
Si 40-80	10,0-25,0	0,2-5,0	
S	0,010-0,030	0,01-0,05	
P	0,02-0,20	0,10-0,7	0,2-4,0
	0,1-0,5		
Ti			
Mn	0,1-5,0	50-80	50-100
Fe			2,0-50
Cr	0,05-0,5		

В связи с выполнением на комбинате программы по утилизации отходов и усилением контро-

ля безопасного уровня щелочных соединений в доменной плавке при производстве чугуна, возникла необходимость определения низких уровней концентраций натрия и фтора наряду с другими компонентами в материалах металлургического производства. Поэтому, приобретая новые приборы СРМ-25, особое внимание уделялось возможности определения легких элементов: фтора, натрия, магния.

В договоре на поставку прибора аналитиками были заданы повышенные требования по контрастности и скорости счета для каналов фтора, натрия, магния. На момент приемки приборов после пусконаладочных работ аппаратурная погрешность и контрастность для F, Na, Mg, Al, Si, S, P, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Ba, Sr, Ti соответствовали паспортным данным и требованиям договора на поставку оборудования. В табл.2 представлены сравнительные результаты по легким элементам, полученным на момент пусконаладочных работ.

Улучшение аналитических параметров приборов было достигнуто за счет использования новых кристаллов-анализаторов (МИС), трубки 3РХВ-2-Rh I конструктивного исполнения (бериллиевое окно – 125 мкм), а также детекторов новой конструкции. Сравнивая контрастность по фтору (9,27) с данными квантометра VХQ-150А (Shimadzu, Япония) (9,43), следует отметить, что СРМ-25 на момент пусконаладочных работ по этому параметру не уступает ему.

Таблица 2

Контрастность и скорость счета, полученная на СРМ-25

Номер прибора СРМ-25	Элемент	Контрольный образец согласно [8]	По ТУ ЗАО «Научприбор», формуляр на СРМ-25		По договору с ОАО ЗСМК		Полученные значения при внедрении приборов		
			Инт.	Контр.	Инт.	Контр.	Фон	Инт.	Контр.
695	F	188	15	3	1000	8,0	189,7	1348	7,11
748							151,7	1406	9,27
695	Na	106	160	4	6000	12,5	515,3	7094	13,77
748							114,3	6515	56,99
695	Mg	84	700	15	19000	40,0	393,7	19053	48,40
748							190,7	19653	103,1

Примечание. Инт. - интенсивность, имп/с; контр. - контрастность, (инт/фон).

После пусконаладочных работ был поставлен эксперимент по расчету пределов обнаружения элементов F, Na и Mg, который показал, что найденные нами пределы обнаружения уступают ранее опубликованным в рекламном проспекте ПО «Научприбор, Рентгеновская лаборатория, ЛТД, К.» (табл.3).

Следует отметить, что с течением времени (примерно 1 год круглосуточной эксплуатации спектрометра СРМ-25) приборные параметры,

определяемые по [2], резко ухудшились: контрастность упала, особенно на F (табл.4).

Таблица 3

Предел обнаружения (% мас) по F, Na, Mg (основа – борная кислота).

Элемент	Предел обнаружения (СРМ-25 №748)	«Рекламный» предел обнаружения
Фтор	0,06	0,0027
Натрий	0,003	0,0015
Магний	0,001	0,00063

Таблица 4

Сравнительные данные по контрастности через год эксплуатации

Элемент	Номер контрольного образца согласно [8]	Фон		Интенсивность		Контрастность	
		На момент пуска в 1998 г.	В 1999 г.	На момент пуска в 1998 г.	В 1999 г.	На момент пуска в 1998 г.	В 1999 г.
F	188	151,7	156,0	1406	686,3	9,27	4,39
Na	106	114,3	122,0	6515	6555	56,99	53,73
Mg	84	190,7	368,0	19653	21831	103,1	59,22

Через 2 года эксплуатации эксперимент повторили с расчетом аппаратурной погрешности согласно методике по поверке, прилагаемой к прибору СРМ-25 [1]. На приборе зав. № 748 (пущен в эксплуатацию в 1998 году) погрешность превы-

шала контрольный норматив 0,2% на шести каналах из одиннадцати. На приборе зав. № 695 четыре канала из одиннадцати не прошли контрольный тест на аппаратурную погрешность (табл.5).

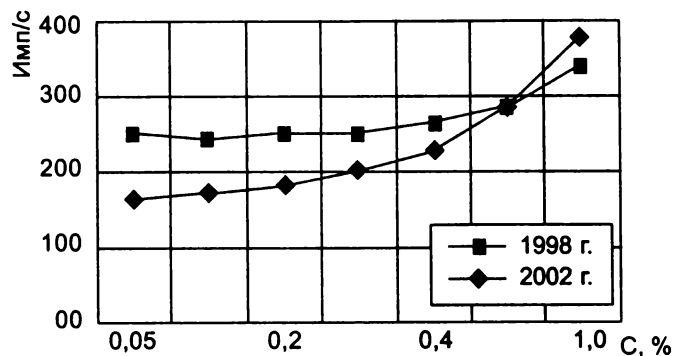
Таблица 5

Полученные данные по аппаратурной погрешности

Номер прибора	Элемент										
	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Zn
748	Н.дисп.	Н.дисп.	0,272	Н.дисп.	0,093	0,113	0,185	0,663	0,10	0,055	Н.дисп.
695	Н.дисп.	Н.дисп.	0,222	0,197	0,104	0,19	Н.дисп.	0,112	0,057	0,059	0,119

Примечание. н.дисп. – неоднородность дисперсии (по Кохрену [1]). Аппаратурная погрешность определялась согласно методике поверки МИ 1684-87 [1].

В процессе дальнейших исследований по разработке методик РФА ферросплавов, шлакообразующих смесей (ШОС), пыли и др., спустя два года с начала эксплуатации, нами установлено, что на СРМ-25 достигается только низкая чувствительность при определении серы менее 0,01% и фтора менее 1% (рис.1). Например, гарантированный предел обнаружения серы в ферросплавах составляет 0,0087%. На рис.1 представлена зависимость интенсивности линии $F_{K\alpha}$ от концентрации фтора. Режим возбуждения рентгеновского спектра: напряжение – 40 кВ, ток – 60 мкА, трубка ЗРХВ2 Rh, бериллиевое окно 0,125 мкм. Пробы изготовлены на основе борной кислоты. Как видно из рис.1, на настоящий момент утрачена чувствительность по фтору в области концентраций ниже 1%.

Рис.1. Зависимость интенсивности линии $F_{K\alpha}$ от концентрации фтора

Проведенное сравнение кратковременной воспроизводимости (СКО) на матрице ферросплавов и шлаков при определении элементов разного уровня концентраций показало, что для СРМ-25 СКО в основном больше, чем для импортного квантометра VXQ-150A (табл.6).

Таблица 6

Кратковременная воспроизводимость результатов σ_x по ферросплавам и шлакам

Материал	Элемент	Концентрация	σ_x (СРМ-25)	σ_x (VXQ-150A)
1	2	3	4	5
Fe-Si	Si	40,0	0,0088	0,0096
	Al	1,0	0,027	0,0060
	P	2,0	0,037	0,0138
		0,02	0,0009	0,0004
		0,05	0,0014	0,0005
	S	0,1	0,0032	0,0005
		0,0025	0,00056	0,00012
		0,025	0,0010	0,00042

Окончание табл.6

1	2	3	4	5
Fe-Mn	Mn	70	0,13	0,11
	Si	0,2	0,0039	0,0008
		0,5	0,0055	0,0012
		1,0	0,0077	0,0014
		2,0	0,012	0,0019
	P	0,2	0,0024	0,0011
		0,5	0,0034	0,0017
		1,0	0,0060	0,0029
Si-Mn	Si	10,0	0,09	0,04
	P	0,10	0,0059	0,0010
		0,20	0,0096	0,0012
		0,5	0,013	0,0013
	S	0,01	0,0014	0,0004
		0,02	0,0020	0,0007
Шлак	MgO	1,5	0,010	0,011
		13,0	0,060	0,036

Эксплуатационные характеристики

За прошедший период приборы показали низкую техническую надёжность и стабильность при работе в режиме круглосуточной эксплуатации. У них выявлено огромное количество недостатков, которые можно выделить в следующие группы:

- элементная база, комплектующие и конструктивные недостатки;
- схемные решения;
- модернизация прибора.

Элементная база, комплектующие и конструктивные недостатки

СРМ-25 имеет блочное строение (блок автоматики, регистрации, регулирования температуры и др.) [3]. С одной стороны, такая конструкция удобна - быстрее можно найти неисправность или сбой в каком-то из блоков. Но, с другой стороны, электрические схемы соединений в блоках выполнены некачественно (дефекты пайки, некоторые проводники вообще не припаяны), очень плотный монтаж, трудный доступ к деталям.

Нарекание вызывают разъёмы под субблоки (очень часто наблюдается нарушение электрического контакта). Соединение детекторов с блоком высокого напряжения БПД, блоками усилителей дискриминаторов (БУД), а также соединение БУДов с блоком регистрации выполнено непродуманно:

- использованы неоправданно толстые и жесткие кабели;

- при подключении к блокам кабели образуют плотную "паутину", закрывающую доступ к разъёмам, затрудняющую выдвижение блоков при ремонте и настройке.

При модернизации прибора №302 в 2001 году мы получили детекторы, подключающиеся к высоковольтному разъёму БПД с помощью дополнительного переходника. Если до этого доступ к разъёмам БПД был трудный, теперь ситуация стала ещё хуже.

Вызывает нарекания конструкция спектрометрического устройства. Из-за непродуманного крепления спектрометрического устройства к плите, для доступа к задвижке и уплотняющему кольцу, необходимо практически полностью разобрать спектрометрическое устройство (снять спектрометрические каналы, "корону", плиту-основание и др.).

Отдельного внимания заслуживает обсуждение элементной базы прибора. В качестве фильтрующих конденсаторов в основном используются электролитические конденсаторы типа К50-6, которые показали очень низкую надёжность. Постоянно приходится контролировать и заменять конденсаторы в блоке питания БУДов и стойки регистрации, в низковольтном блоке питания БПД, в субблоке питания блока регулирования ПУР-ПМ. Конденсаторы этого типа крайне ненадежно работают и в цепях управления. В основном они используются как времязадающие элементы. Снижение их емкости может привести не только к сбоям в работе той или иной систе-

мы (например, субблок управления клапанами), но и к выходу из строя такого дорогостоящего устройства, как рентгеновская трубка (субблок питания блока регулирования ПУР-ПМ, цепи управления плавным вводом напряжения и тока РТ). Основная причина, по которой они выходят из строя, – перегрев, который ведёт к высыханию электролитических конденсаторов.

Все управляющие, контролирующие цепи СРМ-25 построены на логических микросхемах ТТЛ 155 серии, имеющий высокую потребляемую мощность и, следовательно, выделяющих большое количество тепла (у данных микросхем мощность рассеивания 22 мВт на логическом элементе) [4]. На данный момент 155-я серия уже устарела. Кроме того, у микросхем этой серии с увеличением окружающей температуры происходит быстрое снижение помехоустойчивости. Это, в свою очередь, накладывает жесткие требования на обеспечение стабильного отвода тепла, что в СРМ-25 очень проблематично.

Стабилизаторы КМП403ЕН показали достаточно высокую надежность, однако они выделяют очень большое количество тепла, и размещенные по несколько штук (до трех) на одном радиаторе образуют достаточно мощный нагревательный элемент.

Микросхемы КР544УД1 в цепи управления регулирующим элементом субблоков высоковольтного блока питания детекторов (БПД) очень часто выходят из строя.

Регулирующим элементом в высоковольтных источниках питания детекторов является электронная лампа 6Э15П. Она выделяет большое количество тепла, при этом ось баллона располагается параллельно плоскости печатной платы. Зазор между платой и баллоном лампы 3-5 мм. Расстояние от баллона до соседней платы 15-20 мм. Несмотря на наличие блока вентиляторов, предназначенного для охлаждения БПД, платы подвергаются нагреву до температуры, при которой происходит разрушение материала, из которого они изготовлены, и нарушение пайки делителя.

Из сказанного выше видно, что одной из основных проблем является чрезвычайно большое количество тепла, выделяемое в процессе работы блоков. Вопрос о непродуманном отводе тепла уже поднимался в литературе [5]. Для обеспечения "нормального" теплового режима используются вентиляторы ВН-2 или ВМ-6, надежность и ремонтпригодность которых также оставляет желать лучшего. Конструкция блоков часто препятствует требуемому отводу тепла. Платы субблоков расположены очень плотно. Элементы, выделя-

ющие большое количество тепла, плотно прижаты к платам (мощные сопротивления, электронные лампы) или установлены без радиаторов (транзисторы в субблоках ключей, управления фильтрами).

Вызывает нарекание работа реле РПУ-2 в панели подключения и блоке коммутации ПУР-ПМ. Реле данного типа в ходе эксплуатации были заменены на РПУ-0.

Нестабильная работа предусилителя в блоке детектирования вызвана в основном потерей емкости электролитическими конденсаторами, а также недоработкой самой электрической схемы [6].

С момента внедрения СРМ-25 в 1987 году сотрудниками нашей лаборатории постоянно ведется работа по улучшению эксплуатационных характеристик приборов. Так, например, на первых приборах в ПЭВМ «Электроника-60» был установлен электронный диск. Восемидюймовые дисководы были заменены на пятидюймовые. Стабилитроны в ПУР-П были перенесены с печатной платы на радиаторы, после чего ни один из них не вышел из строя.

Были внесены изменения в схему предусилителя (рис.2, 3):

- 1) транзистор КП 303В во входном каскаде был заменен на КП 350;
- 2) микромодуль ДТ соединили с «землей» через RC-цепь.

Транзистор КП 350 имеет большую граничную частоту [7], что позволяет улучшить фронты сигнала. Введение второго затвора позволило получить переменный коэффициент усиления, который позволяет найти рабочую точку, при которой наблюдается большая контрастность (отношение импульсов от контрольного образца к фону).

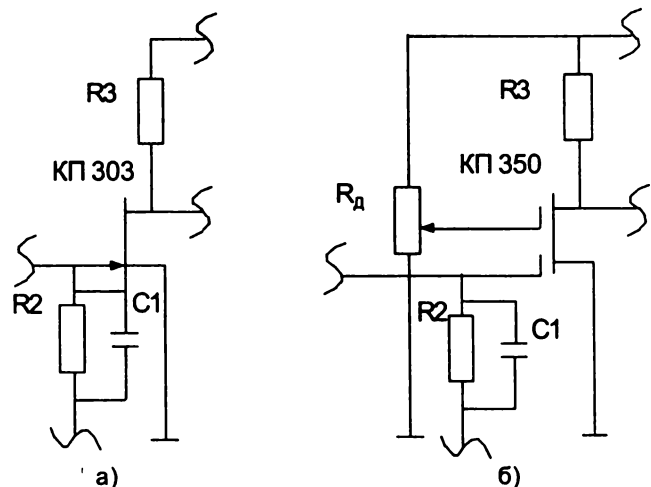


Рис.2. Фрагмент принципиальной электрической схемы входного каскада БДП-3-АПУ: а - заводская схема; б - измененная схема

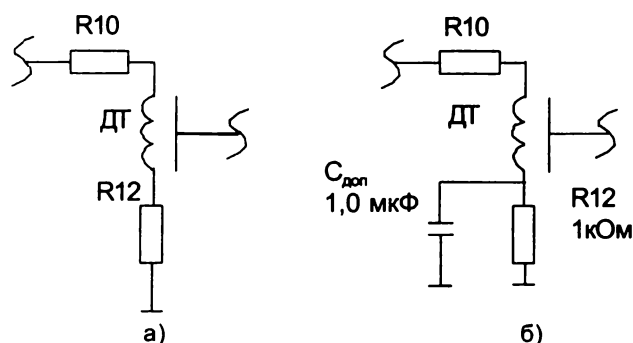


Рис.3. Фрагмент принципиальной электрической схемы микромодуля ДТ: а - заводская схема; б - измененная схема

RC-цепочка позволяет уменьшить шумы сигнала (увеличение сопротивления позволило приподнять нулевую точку, а конденсатор "сглаживает" остаточные выбросы) тем самым получить более качественный сигнал.

Внесенные изменения позволили уменьшить шумы и, соответственно, повысить контрастность на 20 %, а также снизить на 20 % высокое напряжение на детекторе и тем самым увеличить срок его службы.

Внесены изменения в файл `sgm.bat`, исключающее повторный запуск программы подготовки диска, если файлы данных на нем уже существуют. Отсутствие такой защиты в поставленном программном обеспечении, после замены ПЭВМ Искра-1030 на IBM PC, из-за смещения пунктов меню привело к уничтожению данных при ошибочном вызове программы подготовки диска лаборантом.

Что касается комплектующих, то особое внимание следует уделить рентгеновским трубкам ЗРХВ2-Rh 1-го конструктивного исполнения производства ООО «Светлана-Рентген» и проблемам, связанным с их эксплуатацией.

В течение длительного периода в 1999-2000 годах в работу поступали трубки очень низкого качества. Большая часть трубок не отработывала свой гарантийный срок. Письма с замечаниями, отправляемые в адрес завода-изготовителя, игнорировались. В результате мы были вынуждены пойти на дополнительные затраты и командировать представителей лаборатории в Санкт-Петербург для приемки трубок на месте.

Необходимо отметить, что для приборов с непрерывным режимом работы гарантийный срок работы в 1000 часов – это очень мало.

Часто выход из строя рентгеновской трубки приводит к серьезным проблемам с самим спектрометром. За время эксплуатации приборов были выявлены следующие дефекты трубок:

1. Плохая герметичность соединения в месте

крепления трубки к кожуху. При этом возникает течь масла в спектрометр. Указанный дефект имел место практически на всех трубках последних поставок.

2. Низкое качество клеевых соединений составных частей кожуха, выражающееся в пористости структуры склеиваемой массы. При этом при плохой проклейке с внешней стороны происходит попадание воды внутрь спектрометра, на стандартные и анализируемые образцы, в клапаны и ловушки, в вакуумные насосы. Такая неисправность ведет к полной переборке и чистке спектрометра, клапанов, ловушек и замене вакуумного масла.

При плохой герметичности с внутренней стороны происходит выдавливание масла из кожуха охлаждающей водой.

3. При работе происходит уменьшение сопротивления цепи "накал - корпус" с последующими единичными пробоями и аварийным отключением генератора. При разборке трубок оказалось, что причиной изменения сопротивления указанной цепи оказались изоляторы вводов нити накала и сильный осадок масла.

4. Дефекты в канале охлаждения анода, выражающиеся в сужении сечения трубки охлаждающего элемента. Следствием этого является перегрев анода и выход трубки из строя. Также в этом узле ненадежным является место соединения пластмассовой трубки с лампой. В этом случае происходит выдавливание охлаждающей воды в масло и, соответственно, последующее выдавливание масла из трубки через предохранительный клапан.

Течь воды резко снижает уровень вакуума в спектрометре и может быть достаточно легко обнаружена. Небольшая течь масла первоначально практически не вызывает резких отклонений в работе прибора, которые бы указывали на наличие неисправности. Однако, попадая на задвижку, разделяющую спектрометр и пробную камеру, под действием рентгеновского излучения масло полимеризуется, образуя стекловидный, достаточно прочный нарос на задвижке. Достигнув некоторой критической толщины, этот нарос повреждает резиновое уплотнение, обеспечивающее герметичный контакт задвижки и спектрометра. Устранение этого повреждения требует практически полной разборки спектрометра. Кроме того, попадание масла в спектрометр при температуре термостабилизации внутреннего объема прибора порядка $+30^{\circ}\text{C}$ обязательно влияет на состояние кристаллов-анализаторов.

По нашему мнению, оптимальным является такое устройство спектрометра и трубки, которое полностью исключает попадание в вакуумируемый объем спектрометра любых швов, представляющих потенциальную опасность течи воды или масла. Примером такой конструкции является квантометр VXQ-150A фирмы Shimadzu (Япония), эксплуатируемый в нашей лаборатории, с использованием рентгеновской трубки фирмы Varian.

Сотрудниками нашей лаборатории производится самостоятельное устранение указанных выше дефектов рентгеновской трубки. Течь масла устраняется путем замены уплотнительного кольца (рис.4). Устранения течи воды выполняется двумя способами:

- замена кожуха с использованием деталей от трубок, вышедших из строя по другим причинам;
- разработка метода восстановления герметичности внешнего соединительного шва рентгеновской трубки ЗРХВ-2. Для этого сделан пропил соединительного шва по внешней окружности рентгеновской трубки. Полученное углубление заполняется эпоксидной смолой. В углубление укладывается капроновая нить, поверх нити – стеклоткань в один слой.

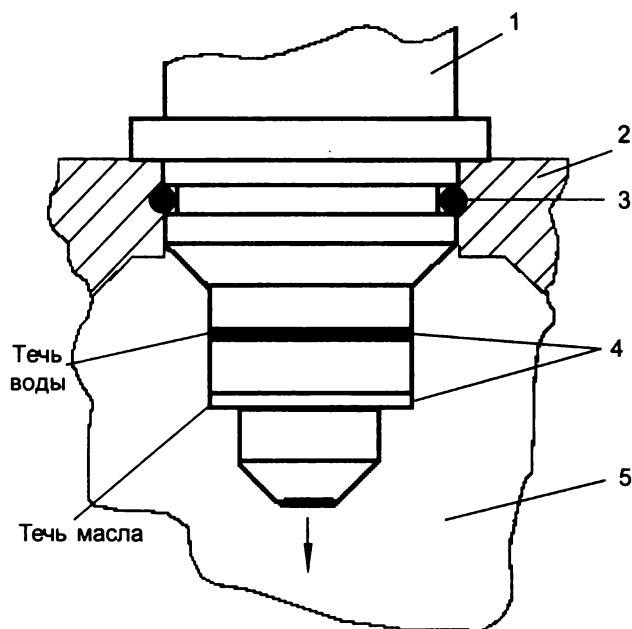


Рис.4. Места соединительных швов корпуса рентгеновской трубки ЗРХВ-2 и их расположение в спектрометре:
1 - рентгеновская трубка; 2 - корпус спектрометра;
3 - уплотнительное кольцо; 4 - места соединений;
5 - вакуумируемый объем

Устранение течи масла и воды позволило значительно продлить срок службы рентгеновских трубок.

Схемные решения

С точки зрения инженеров-электронщиков, обслуживающих в эти годы СРМ-25, многие электронные узлы могли быть решены гораздо проще. Контролируется избыточное количество признаков состояния прибора. Эти признаки часто суммируются в нескольких местах одновременно, порождая новые признаки, усложняя и без того непростую задачу диагностики возникающих неисправностей. Несмотря на такую сложность, схемы прибора имеют плохую помехозащищенность. Так, например, включение шнура питания блока вентиляторов в розетку на панели подключения вызывает срабатывание электромагнита, фиксирующего диск подачи проб. Включение или выключение вакуумных насосов может вызвать включение вращения диска. Причем это наблюдается на всех приборах, что говорит о наличии общей недоработки схем и конструкции.

Модернизация прибора

Конечно, СРМ-25 подвергался некоторой доработке за эти годы. В основном это касается комплектации прибора. Так, в первую очередь, следует отметить последовательную замену ВК "Электроника-60" на ПЭВМ "Искра-1030", а затем на IBM PC, что свело к минимуму проблемы, связанные с работой вычислительного комплекса.

Замен источник питания рентгеновской трубки ПУР-П на ПУР-ПМ, в котором исправлены многие недостатки, что повышает надежность и стабильность работы.

Внедрены спектрометрические каналы с МИСами для легких элементов, что повысило чувствительность и контрастность по таким элементам, как фтор, натрий, магний, алюминий.

В приборах используются новые типы пропорциональных детекторов для легких элементов, между вакуумными насосами и спектрометром установлены ловушки паров масла и клапаны напуска воздуха в насос при отключении питания насоса. Насколько наличие ловушек влияет на сохранение начальной интенсивности, сказать трудно, так как интенсивность с течением времени падает, но это связано с рядом причин: снижение интенсивности излучения трубки в ходе эксплуатации, загрязнение нитей детекторов, загрязнение пленок. В схемы усилителей дискриминаторов введена схема коррекции мертвого времени. На выходе газового тракта установлен стабилизатор давления счетного газа, использован новый тип насоса в системе водяного охлаждения рентгеновской трубки, реле протока жид-

кости заменены на ротаметрические датчики. Это самые весомые изменения, внедренные заводом изготовителем за 10 лет. Выполнены еще несколько очень незначительных изменений в электронных схемах, не отражающихся на качестве работы прибора в целом.

Есть также пример изменения, давшего отрицательный эффект. На ранее выпускавшихся приборах блок питания детекторов (БПД) и блок питания +5В + 12В, питающий блоки усилителей-дискриминаторов (БУД), подключались к сети через феррорезонансный стабилизатор С-0,5. В последних приборах стабилизатор исключен. В БПД установлен сетевой фильтр, а блок питания +5В + 15В подключается к сети напрямую. Однако, в процессе пусконаладочных работ, представитель завода-изготовителя был вынужден подключить феррорезонансный стабилизатор по старой схеме для обеспечения стабильности работы приборов.

Таким образом, наш опыт работы на приборах показывает, что на момент пусконаладочных работ и период эксплуатации 0,5–1 год аналитические характеристики прибора СРМ-25 соответствуют паспортным данным и сопоставимы с зарубежными спектрометрами. Однако с течением времени характеристики быстро ухудшаются. Особенно это касается параметров определения легких элементов (F, Mg).

С технической точки зрения СРМ-25 продолжает вызывать многочисленные нарекания. Прибор требует серьезной доработки, повышения качества сборки и свободной компоновки для обеспечения надежности и легкости в ремонте, требуемой при круглосуточной долговременной эксплуатации в условиях заводской лаборатории. Необходимы другие современные схемные решения электронной части прибора и применение более надежных комплектующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спектрометры рентгеновские многоканальные СРМ-25. Методические указания по поверке МИ 1684-87. Орел: ПО «Научприбор», 1987.
2. Смагунова А.Н. Сопоставление метрологических характеристик рентгеновских спектрометров / А.Н.Смагунова, Л.Ю.Медолазов, Е.И.Молчанова и др. // Заводская лаборатория. 1992. №10. С.22-25.
3. Спектрометр рентгеновский многоканальный СРМ-25: Руководство по эксплуатации. Орел: ПО «Научприбор», 1986.
4. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С.В.Якубовский и др. М.: Радио и связь, 1990.
5. Путенихина А.В. Повышение надёжности работы рентгеновских спектрометров СРМ-25 / А.В.Путенихина, Н.Н.Новикова, В.Ф.Барсуков // Заводская лаборатория. 1996. №2. С.58-59.
6. Блок детектирования пропорциональный БДП-3-АПУ: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Одесса: Облполиграфиздат, 1990.
7. Аронов В.А. Полупроводниковые приборы: Транзисторы: Справочник / В.А.Аронов, А.В.Баюков и др. М.: Энергоиздат, 1982.
8. Инструкция по изготовлению контрольных образцов Я60.045.090. Орел: ПО «Научприбор», 1982.

* * * * *

THE EXPERIENCE OF SRM-25 MULTICHANNEL ROENTGEN SPECTROMETER AT THE WEST-SIBERIAN METALLURGICAL PLANT

V.V.Mandrygin, N.N.Gavrilukov, L.I.Orlova, N.N.Zueva, A.A.Zherdev, D.R.Butakov

The article describes a long-period experience in SPM-25 operation . It considers a number of problems appeared while utilising the device of this type to analyse materials of metallurgy and ways of their solving.